

(11) Publication Number: 10-2003-0049298

(43) Publication Date: Jun 25, 2003

(21) Patent Application Number: 10-2001-0079471

(22) Filing Date: December 14, 2001

(71) Applicant: KOREA ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS  
RESEARCH INSTITUTE

(72) Inventors: Lee Juhaeng

(54) Title: METHOD AND RECORD MEDIA FOR CALCULATING OFFSET  
CURVE WITH VARIABLE RADIUS

**Abstract:**

The present invention relates to an offset curve calculation method and its record media.

The offset curve calculation method according to the present invention includes the steps of: calculating a boundary line  $p(t)$  of an object  $O$  required for an offset sweep operation; calculating  $r(t)$  for an offset curve with variable radius where a radius  $r$  of an offset circle of the object varies according to the time parameter  $t$ ; calculating at least one sample value  $t_i$  of the time parameter  $t$  used to control variation of the offset curve radius with respect to the obtained boundary line  $p(t)$  and radius  $r(t)$ ; calculating a sweep approximate value of the offset curve with variable radius

$(\bar{U}' = \bigcup_{\Delta t} p(t)r(t)O \equiv \bigcup_{\Delta t} O(t))$  for continuously interpolating offset radius variation of an object by using the obtained boundary line  $p(t)$ , radius  $r(t)$  and the sample value  $t_i$  of the time parameter  $t$ . Therefore, in the present invention, the variation of the offset radius can be continuously interpolated by calculating an offset curve with a variable radius without complex mathematical calculation of a boundary line of the object using an approximate equation for a sweep operation and the step of eliminating self-interference or cross-interference. The Internet user can set or control the variation of the offset radius.

# (19) 대한민국특허청(KR)

## (12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. G06F 17/50	(11) 공개번호 (43) 공개일자	특2003-0049298 2003년06월25일
(21) 출원번호	10-2001-0079471	
(22) 출원일자	2001년12월14일	
(71) 출원인	한국전자통신연구원 대한민국 305-350 대전 유성구 가정동 161번지	
(72) 발명자	이주행 대한민국 302-777 대전광역시서구둔산2동생머리아파트217-1804	
(74) 대리인	장성구 김원준	
(77) 심사청구	있음	
(54) 출원명	가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법 및 그 기록매체	

### 요약

본 발명은 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법 및 그 기록매체에 관한 것으로, 특히 오프셋 스윙 연산에 요구되는 물체 O의 경계선  $p(t)$ 를 계산하고, 물체의 오프셋 원의 반경( $r$ )이 시간 인수  $t$ 에 따라 변화된 가변 반경 오프셋 곡선에 대한  $r(t)$ 를 계산하고, 구해진 경계선  $p(t)$ 와 반경  $r(t)$ 에서 오프셋 곡선 반경의 변화를 제어하는 시간 인수  $t$ 에 대한 적어도 하나 이상의 표본 값( $t_i$ )을 계산하고, 구해진 경계선  $p(t)$ 와 반경  $r(t)$ 과, 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )을 이용하여 물체의 오프셋 반경 변화를 연속적으로 보간하는 가변 반경의 오프셋 곡선의 스윙 근사값( $\overline{S} = \bigcup_{\Delta t} p(t)r(t)O \equiv \bigcup_{\Delta t} O(r)$ )을 계산한다. 그러므로, 본 발명은 일반적인 스윙 연산에 대한 근사식을 이용하여 물체의 경계선

에 대한 복잡한 수학 연산을 거치지 않고 자기 교차나 상호 교차를 제거하는 단계를 거치지 않고 가변 반경 오프셋 곡선을 계산함으로써 오프셋 반경의 변화를 연속적으로 보간하고, 사용자가 오프셋 반경의 변화를 지정하고 제어할 수 있다.

### 대표도

도3

### 색인어

오프셋 곡선, 가변 반경 오프셋, 스윙

### 명세서

#### 도면의 간단한 설명

도 1은 일반적인 물체의 스윙 연산의 복잡성을 설명하는 예시도,

도 2는 본 발명의 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법이 적용되고 이 방법의 기록매체가 저장된 하드웨어 시스템을 나타낸 구성도,

도 3은 본 발명에 따른 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법을 설명하기 위한 흐름도,

도 4a 및 도 4b는 종래 고정 반경 오프셋에 적용한 물체 곡선 예시도와 본 발명에 따라 경계선에 적용한 물체의 가변 반경 오프셋 곡선 예시도,

도 5는 본 발명에 따라 가변 반경 오프셋 곡선을 계산할 때, 사용자가 오프셋 반경의 변화를 지정하고 제어할 수 있도록 오프셋 반경의 변화를 연속적으로 보간하는 방법을 설명하기 위한 그래프의 예,

도 6a 및 도 6b는 종래 복잡한 기하학적인 물체의 고정 반경 오프셋을 나타낸 예시도와 본 발명에 따라 복잡한 기하학적인 물체의 경계선에 적용한 가변 반경 오프셋 곡선의 예시도.

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법 및 그 기록매체에 관한 것으로서, 특히 일반 스윙 연산을 이용하여 주어진 물체의 경계선에 대한 가변 반경 오프셋을 구하는 기술에 관한 것이다.

일반적으로 오프셋 곡선은 컴퓨터를 이용한 디자인 및 생산과정에서 필수적인 기하 요소이다. 예를 들어, 오프셋 곡선은 산업 디자인에서 수려한 폰트의 장식이나, 영상 산업에서의 특수효과, 제조 산업에서 수치제어기계를 이용한 절삭 경로로 사용된다.

오프셋 곡선은 고정 반경 오프셋과 가변 반경 오프셋으로 구분되는데, 고정 반경 오프셋 곡선은 곡선을 정의하는 원의 반경의 성질에 따라서 전체 오프셋 곡선에 같은 반경이 적용되는 반면에, 가변 반경 오프셋 곡선은 오프셋 곡선 부분에 따라 다른 반경이 적용되는 것을 일컫는 것이다. 고정 반경 오프셋 곡선은 정형적인 성질로 인해 주로 기계설계를 위한 CAD 시스템에서 많이 사용된다. 가변 반경 오프셋 곡선은 표현력이 자유롭기 때문에 컴퓨터 그래픽스, 애니메이션, 게임, 가상현실 저작도구 등에서 사용될 수 있다.

한편, 평면 곡선  $p(t)$ 에 대해서 거리  $d$ 만큼 떨어진 고정 반경 오프셋 곡선  $Q(t)$ 는 다음 수학적식1로 표현된다.

수학적식 1

$$Q(t) = p(t) + d \times N(t)$$

상기 수학적식 1에서  $N(t)$ 는  $p(t)$ 의 단위 법선 벡터이다.

그러면, 평면 곡선  $p(t)$ 에 대해서 가변 반경 오프셋 곡선  $Q'(t)$ 는 다음 수학적식2로 표현된다.

수학적식 2

$$Q'(t) = p(t) + d(t) \times N(t)$$

가변 반경 오프셋 곡선  $Q'(t)$ 에서 오프셋 반경  $d(t)$ 는 스칼라 값을 갖는 시간 인수  $t$ 에 대한 함수이다.  $d(t)=d$ 일 때 고정 반경 오프셋이므로, 고정 반경 오프셋 곡선은 가변 반경 오프셋 곡선의 부분 집합임을 알 수 있다.

그런데, 고정 반경 및 가변 반경 오프셋 곡선에서 중요한 문제는  $N(t)$ 의 계산이다. 정확한  $N(t)$ 의 계산을 위해서는 제곱근 연산이 필요한데, 기존의 CAD 시스템 또는 수치제어기계에서는 이를 위해 수치적인 근사 방법을 이용하고 있다.

종래 수치 근사 방법을 이용하여  $N(t)$ 를 계산하는 경우 고정 반경 오프셋 곡선에 대한 수학적 표현에 근거하여 곡선의 미분 성질을 이용해야 하며, 디자인이나 생산에 필요한 단계로 가기 위해서는 자기 교차나 상호 교차를 제거하는 단계를 거쳐야만 한다. 또한 가변 반경 오프셋에 대해서는 수학적 성질이 더욱 복잡하기 때문에 종래 수치 근사 방법을 이용하여  $N(t)$ 를 계산하는 경우 미분 성질, 자기 교차, 상호 교차를 다루는데 어려움이 있었다.

특히, 수치제어기계의 절삭 경로가 결국에는 작은 선분으로 표현될 수 밖에 없다는 것을 감안한다면, 오프셋 곡선에 근거하는 수치 근사 방법은 하드웨어적인 면에서 비효율적이라고 할 수 있다. 더구나, 오프셋 곡선의 자기 교차계산은 직선간의 교차 계산에 비해 계산량이 상당히 많은 편이기 때문에 수치적인 어려움에 민감할 수밖에 없다.

최근에는 수치 근사 방법 대신에 스윙 연산을 이용하여 오프셋 곡선을 구하는 기술이 개발되었다. 일반적으로 스윙은 어떤 물체가 정해진 경로를 따라 움직일 때 휩쓸고 지나간 영역을 의미하는데, 오프셋 곡선은 경로를 따라 움직이는 원이 휩쓸고 간 영역과 관계가 있으므로 스윙과 직접적인 관계가 있다.

도 1은 일반적인 물체의 스윙 연산의 복잡성을 설명하는 예시도이다.

도 1을 참조하면, 스윙을 이용한 고정 반경 오프셋 곡선의 계산 방법은 두 가지가 알려져 있다. 첫 번째, 고정 반경의 오프셋 원을 임의의 기하학적인 도형의 경계선 주위로 스윙시켜서 오프셋을 계산하는 방법이다. 두 번째, 반대로 하나의 오프셋 원 주위로 기하학적인 도형을 스윙/연산을 시켜서 고정 반경의 오프셋 곡선을 구할 수 있다.

하지만, 상술한 바와 같은 첫 번째 및 두 번째 스윙 연산은 오프셋 곡선에 따라 반경이 달라지는 가변 반경 오프셋의 계산에는 이용할 수 없다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 가변 반경 오프셋 곡선의 계산에 있어서, 물체의 경계선  $p(t)$ 와 가변 반경  $r(t)$ 을 구하고 오프셋 곡선 반경의 변화를 제어하는 시간 인수  $t$ 에 대한 적어도 하나 이상의 표본 값( $t_i$ )을 계산하여 이들 변수를 이용한 스윙 연산으로 가변 반경 오프셋 곡선의 근사값( $\overline{S}$ )을 계산함으로써 오프셋 반경의 변화를 연속적으로 보간하고 사용자가 오프셋 반경의 변화를 지정하고 제어할 수 있는 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법을 제공하는데 있다.

본 발명의 다른 목적은 물체의 경계선  $p(t)$ 와 가변 반경  $r(t)$ 을 구하고 오프셋 곡선 반경의 변화를 제어하는 시간 인수  $t$ 에 대한 적어도 하나 이상의 표본 값( $t_i$ )을 계산하여 이들 변수를 이용한 스윙 연산으로 가변 반경 오프셋 곡선의 근사값( $\overline{S}$ )을 계산하는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공하는데 있다.

상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 오프셋 스윙 연산을 이용하여 컴퓨터에 적용되는 물체의 오프셋 곡선을 계산하는 방법에 있어서, 오프셋 스윙 연산에 요구되는 물체의 경계선  $p(t)$ 를 계산하는 단계와, 물체의 오프셋 원의 반경( $r$ )이 시간 인수  $t$ 에 따라 변화된 가변 반경 오프셋 곡선에 대한  $r(t)$ 를 계산하는 단계와, 구해진 경계선  $p(t)$ 와 반경  $r(t)$ 에서 오프셋 곡선 반경의 변화를 제어하는 시간 인수  $t$ 에 대한 적어도 하나 이상의 표본 값( $t_i$ )을 계산하는 단계와, 구해진 경계선  $p(t)$ 와 반경  $r(t)$ 과, 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )을 이용하여 물체의 오프셋 반경 변화를 연속적으로 보간하는 가변 반경의 오프셋 곡선의 스윙 근사값( $\overline{S}$ )을 계산하는 단계를 포함하여 이루어진다.

상기 다른 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 컴퓨터에, 오프셋 스윙 연산에 요구되는 물체의 경계선  $p(t)$ 를 계산하는 단계와, 물체의 오프셋 원의 반경( $r$ )이 시간 인수  $t$ 에 따라 변화된 가변 반경 오프셋 곡선에 대한  $r(t)$ 를 계산하는 단계와, 구해진 경계선  $p(t)$ 와 반경  $r(t)$ 에서 오프셋 곡선 반경의 변화를 제어하는 시간 인수  $t$ 에 대한 적어도 하나 이상의 표본 값( $t_i$ )을 계산하는 단계와, 구해진 경계선  $p(t)$ 와 반경  $r(t)$ 과, 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )을 이용하여 물체의 오프셋 반경 변화를 연속적으로 보간하는 가변 반경의 오프셋 곡선의 스윙 근사값( $\overline{S}$ )을 계산하는 단계를 포함하여 이루어진다.

하여 이루어진 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공하고자 한다.

#### 발명의 구성 및 작용

이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 설명하고자 한다.

도 2는 본 발명의 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법이 적용되고 이 방법의 기록매체가 저장된 하드웨어 시스템을 나타낸 구성도이다.

도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명이 적용된 하드웨어 시스템(1)은 입력장치(10)와, 중앙처리장치(20)와, 주기억장치(30), 보조기억장치(40) 및 출력장치(40)로 구성된다. 여기서, 입력장치(10)는 일반적인 키보드, 마우스, 태블릿, 터치스크린 등이며 출력장치(40)는 디스플레이 장치, 프린터, 비디오 레코더 등이다. 그리고 중앙처리장치(20)는 하드웨어 시스템의 전체적인 동작을 제어하고 관리하는 역할을 한다. 또한 주기억장치(30) 및 보조기억장치(40)는 본 발명의 가변 반경 오프셋 곡선 계산이 실행되는 도중에 발생하는 여러 가지 데이터를 영구 또는 임시 저장한다. 이때, 주기억장치(30)에는 물체에 대한 가변 반경의 오프셋 곡선 계산을 실행하는 프로그램이 저장되어 있는데, 중앙처리장치(20)는 프로그램의 실행에 따라 가변 반경 오프셋 곡선을 계산/연산 처리한다. 한편, 보조기억장치(40)는 대량의 데이터를 저장시킬 수도 있다.

한편, 물체의 단위 반경인 원 O가 시간 인수 t에서 반경 r(t)로 변화하며 주어진 기하학적 도형 p의 경계선 p(t)를 따라 휩쓸고 지나간 영역을 나타내는 오프셋 스윕(S)의 기본 기본식은 다음과 같다.

#### 수학식 3

$$S = \bigcup_{0 \leq t \leq 1} p(t)r(t)O \equiv \bigcup_{0 \leq t \leq 1} O(t)$$

여기서, p(t)는 물체(O)의 경계선이며 r(t)는 물체의 오프셋 원의 반경(r)이 시간 인수 t에 따라 변화된 오프셋 곡선의 가변 반경이다.

위의 오프셋 스윕 기본식에 의해 계산된 스윕 영역 S의 경계선이 기하학적 도형 p의 가변 반경 오프셋 곡선이 된다. 이 가변 반경 오프셋 곡선은 종래 수치 근사 방법을 사용할 때와 달리, 별도로 자기 교차나 상호 교차를 계산하지 않아도 되기 때문에 많은 계산량으로 인한 수치 에러가 적다. 오프셋 스윕(S) 기본식에 의한 또 한가지 장점은 기하학적 도형의 경계선을 기준으로 외부와 내부에 오프셋 곡선이 한 쌍이 생긴다는 점이다.

이러한 수학식 3의 오프셋 스윕(S) 기본식은 시간 인수 t에 대한 연속적인 값으로 정의되므로 컴퓨터를 이용하여 계산할 경우 근사값이 필요하다. 이 근사값을 위해서는 적당한 t값의 표본이 요구된다.

그러므로, 가변 반경의 오프셋 곡선의 스윕 근사값( $\bar{S}$ )은 다음 수학식과 같다.

#### 수학식 4

$$\bar{S} = \bigcup_{\Delta t} p(t)r(t)O \equiv \bigcup_{\Delta t} O(t)$$

이에 따라, 본 발명의 주기억장치(30)에는 가변 반경의 오프셋 곡선의 스윕 근사값( $\bar{S}$ )을 구하는 프로그램이 저장되어 있고 이 프로그램의 실행에 따라 중앙처리장치(20)는 다음과 같이 가변 반경 오프셋 곡선 계산을 연산처리한다.

도 3은 본 발명에 따른 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 3을 참조하면, 본 발명의 가변 반경 오프셋 곡선 계산 방법은 다음과 같다.

우선, 오프셋 스윕 연산에 요구되는 물체의 경계선 p(t)를 계산한다.(S10) 좀 더 상세하게는, 물체의 기하학적인 도형의 경계선 p(t)를 수학식 3의 오프셋 스윕(S) 기본식에 맞도록 표본 추출하여 다각형으로 만든다.

S10 단계 이후에, 물체의 오프셋 원의 반경(r)이 시간 인수 t에 따라 변화된 가변 반경 오프셋 곡선에 대한 r(t)를 계산한다.(S20) 즉, 사용자 입력을 통해 오프셋 원의 반경(r)이 시간 인수 t에 따라 변화된 r(t)를 물체의 경계선 p(t)에 대한 인수로 정의한다.

#### 수학식 5

$$r(t) = 0.5\sin(4\pi \times t) + 1$$

위의 수학식 5는 비선형적인 r(t)의 예일 뿐이다.

S20 단계 이후에, 구해진 경계선 p(t)와 반경 r(t)에서 오프셋 곡선 반경의 변화를 제어하는 시간 인수 t에 대한 적어도 하나 이상의 표본 값(ti)을 계산한다. 본 발명에서 시간 인수 t에 대한 적어도 하나 이상의 표본 값을 계산하는 방법은 첫째, 경계선 p(t)를 근사하는 다각형의 꼭지점 순서에 비례하는 시간 인수 t의 표본 값을 구하는 것이고 둘째, p(t)를 근사하는 다각형의 선분 길이 순서에 비례하는 시간 인수 t의 표본 값을 구하는 것이다.

다음 수학식 6은 p(t)를 근사하는 다각형의 꼭지점 순서에 비례하는 시간 인수 t의 표본 값을 나타낸 것이다.

#### 수학식 6

$$t = t_i = \frac{i-1}{N-1}$$

여기서, i는 1~N이다.

다음 수학식 7은 p(t)를 근사하는 다각형의 선분 길이 순서에 비례하는 시간 인수 t의 표본 값을 나타낸 것이다.

## 수학식 7

$$t = t_i = \frac{\sum_{j=1}^i |P_j P_{j+1}|}{\sum_{j=1}^N |P_j P_{j+1}|} = \frac{\sum_{j=1}^i L_j}{\sum_{j=1}^N L_j} = \frac{Mi}{M}$$

여기서,  $L_j$ 는  $j$ 번째 꼭지점  $P_j$ 와 그와 인접한  $(j+1)$ 번째 꼭지점  $P_{j+1}$ 로 정의되는 선분 길이이며  $M_i$ 는 1째부터  $i$ 번째 선분의 길이이며  $M$ 은 다각형 경계선 전체의 길이이며  $i$ 는  $1 \sim N$ 이다.

위의 수학식 6 또는 수학식 7에 의한 두 가지 방법중에서 어느 하나를 선택하여 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )을 계산한다.(S30) 이때, 시간 인수  $t$ 의 표본 값을 구하는 방법의 선택은 주어진 물체의 기하학적인 도형의 경계선  $p(t)$ 에 대한 기하학적인 성질이나 사용자의 기호, 원하는 효과에 따라 결정하는 것이 바람직하다.

S30 단계 이후에, 구해진 경계선  $p(t)$ 와 반경  $r(t)$ 과, 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )을 이용하여 물체의 오프셋 반경 변화를 연속적으로 보간하는 가변 반경의 오프셋 곡선의 스윙 근사값( $\bar{S}$ )을 계산한다. 가변 반경의 오프셋 곡선의 스윙 근사값( $\bar{S}$ )은 상기 수학식 4에 표시되어 있다.

도 4a 및 도 4b는 종래 고정 반경 오프셋에 적용한 물체 곡선 예시도와 본 발명에 따라 경계선에 적용한 물체의 가변 반경 오프셋 곡선 예시도이다.

도 4a는 8각 별에 대한 고정 반경의 오프셋 곡선을 나타낸 것이다. 수학식 3의 오프셋 스윙( $S$ ) 기본식에 따르면, 도 4a의 경계선  $p(t)$ 는 굵은 선으로 표현된 8각 별이다. 시간 인수  $t$ 가 0에서 1로 변할 때, 고정 반경의 원은 경계선  $p(t)$ 를 따라 선형적으로 움직인다. 그러므로 종래에는 도 4a에 도시된 18개(9쌍)의 오프셋 곡선에서 오프셋 반경을 9단계로 증가시키면서 오프셋 스윙( $S$ ) 기본식을 이용하여 9쌍의 내/외부 오프셋 곡선 쌍을 만들었다.

반면에, 도 4b는 8각 별에 대한 가변 반경의 오프셋 곡선을 나타낸 것이다. 수학식 4에 표시된 가변 반경 오프셋 스윙의 근사식( $\bar{S}$ )에 따르면,

도 4b의 경계선  $p(t)$ 는 굵은 선으로 표현된 8각 별이다. 가변 반경 오프셋 원의 반경은 수학식 5에서와 같이 표현되며 비선형적인 경우가 많다. 시간 인수  $t$ 가 0에서 1로 변할 때, 가변 반경의 원은 경계선  $p(t)$ 를 따라 비선형적으로 변화하며 움직인다. 이런 경우 기존의 고정 반경 오프셋

곡선 방법에 의해 스케일링과 같은 간단한 변형 과정을 추가하여 가변 반경의 오프셋 곡선을 만들 수는 없다. 본 발명에서는 도 3과 같은 방법에 따라 도 4b에 도시된 8각 별의 가변 반경 오프셋 곡선을 구한다.

도 5는 본 발명에 따라 가변 반경 오프셋 곡선을 계산할 때, 사용자가 오프셋 반경의 변화를 지정하고 제어할 수 있도록 오프셋 반경의 변화를 연속적으로 보간하는 방법을 설명하기 위한 그래프의 예이며 수학식 5를 나타내었다. 즉, 도 5의 그래프는 도 4b의 예시도에 적용한  $r(t)$  함수에 대한 그래프를 나타낸 것이다.

사용자는 도 1의 하드웨어 시스템내 입력장치(10)를 통해 오프셋 원의 반경( $r$ )이 시간 인수  $t$ 에 따라 변환된  $r(t)$ 를 입력한다. 즉,  $r(t)$ 를 정의하는 수치식을 명시할 수도 있고, 그래프로만 수치를 입력하여 이를 보간하는 곡선을 유도할 수도 있다.

수학식 3의 오프셋 스윙( $S$ ) 기본식에서  $p(t)$ 와  $r(t)$ 는 동일한 시간 인수  $t$ 에 의해 제어되기 때문에, 가변 반경 오프셋 원의 반경( $r$ )은 물체의 기하학적인 도형 경계선  $p(t)$ 의 현재 위치에 의해 결정된다. 오프셋 스윙 근사식( $\bar{S}$ )을 적용할 때, 주어진 물체의 기하학적인 도형의 경계선  $p(t)$ 은 다각형으로 근사된다. 만약  $N$ 개의 인수 표본을 정의했을 경우, 다각형은  $N$ 개의 꼭지점을 갖게 되는 것이다. 그리고 수학식 6 또는 7에 따라  $N$ 개의 시간 인수의 표본 값( $t_i$ )을 산출하여 가변 반경  $r(t)$ 에 적용한다.

도 6a 및 도 6b는 종래 복잡한 기하학적인 물체의 고정 반경 오프셋을 나타낸 예시도와 본 발명에 따라 복잡한 기하학적인 물체의 경계선에 적용한 가변 반경 오프셋 곡선의 예시도이다. 도 6a 및 도 6b에 적용된 물체는 구멍이 있는 복잡한 기하학적인 도형 구조를 갖는데, 원을 물체 주위로 스윙시켜서 오프셋을 계산하는 경우, 외부와 내부의 오프셋이 한 쌍(굵은선 표시)으로 계산된다.

도 6a를 참조하면, 종래에는 스윙 연산을 통해 구해진 복잡한 기하학적인 물체의 고정 반경 오프셋 곡선이 외각 경계선(바깥쪽 굵은선)과 구멍 경계선(안쪽 굵은선)에서 서로 간섭을 일으켜 상호 교차하게 된다.

그러나 도 6b를 참조하면, 본 발명에 따라 스윙 연산을 통해 구해진 복잡한 기하학적인 물체의 가변 반경 오프셋 곡선은 외각 경계선(바깥쪽 굵은선)과 구멍 경계선(안쪽 굵은선)이 서로 간섭을 일으키지 않기 때문에 상호 교차되는 경계선을 제거하는 별도의 단계를 거치지 않아도 된다.

상술한 바와 같은 본 발명의 가변 반경 오프셋 곡선 계산 방법은 프로그램으로 구현되어 컴퓨터로 읽을 수 있는 여러 가지 기록매체(CD-ROM, RAM, ROM, 플로피 디스크, 하드 디스크, 광자기 디스크 등)에 기록되어 저장될 수 있다.

## 발명의 효과

이상 설명한 바와 같이, 본 발명은 가변 반경 오프셋 곡선의 계산에 있어서, 일반적인 오프셋 스윙 연산에 대한 근사식을 이용하여 물체의 경계선에 대한 복잡한 수학 연산을 거치지 않고 자기 교차나 상호 교차를 제거하는 단계를 거치지 않고 가변 반경 오프셋 곡선을 계산함으로써 오프셋 반경의 변화를 연속적으로 보간하고, 사용자가 오프셋 반경의 변화를 지정하고 제어할 수 있다.

또한, 본 발명은 가변 반경 오프셋 곡선 계산 방법 및 이에 대한 프로그램이 기록/저장된 기록매체를 CAD 시스템 또는 그래픽 저작 도구 등에서 구현할 경우 스윙 연산을 통해 빠르고 효율적으로 물체의 가변 반경 오프셋을 구할 수 있다.

한편, 본 발명은 상술한 실시예에 국한되는 것이 아니라 후술되는 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상과 범주내에서 당업자에 의해 여러 가지 변형이 가능하다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

오프셋 스윙 연산을 이용하여 컴퓨터에 적용되는 물체의 오프셋 곡선을 계산하는 방법에 있어서,

상기 오프셋 스윙 연산에 요구되는 상기 물체의 경계선  $p(t)$ 를 계산하는 단계;

상기 물체의 오프셋 원의 반경( $r$ )이 시간 인수  $t$ 에 따라 변화된 가변 반경 오프셋 곡선에 대한  $r(t)$ 를 계산하는 단계;

상기 구해진 경계선  $p(t)$ 와 반경  $r(t)$ 에서 상기 오프셋 곡선 반경의 변화를 제어하는 시간 인수  $t$ 에 대한 적어도 하나 이상의 표본 값( $t_i$ )을 계산하는 단계; 및

상기 구해진 경계선  $p(t)$ 와 반경  $r(t)$ 과, 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )을 이용하여 상기 물체의 오프셋 반경 변화를 연속적으로 보간하는 가변 반경의 오프셋 곡선의 스윙 근사값( $\overline{S}$ )을 계산하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법.

##### 청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 시간 인수  $t$ 에 대한 적어도 하나 이상의 표본 값을 계산하는 단계는,

상기 경계선  $p(t)$ 를 근사하는 다각형의 꼭지점 순서에 비례하는 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ ) 또는 상기  $p(t)$ 를 근사하는 다각형의 선분 길이 순서에 비례하는 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )을 계산할 것인지를 선택하는 단계와,

상기 선택된 방법에 따라 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )을 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법.

##### 청구항 3.

제 2항에 있어서, 상기  $p(t)$ 를 근사하는 다각형의 꼭지점 순서에 비례하는 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )은 다음 수학식에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법.

$$t = t_i = \frac{i-1}{N-1}$$

여기서,  $i$ 는 1~ $N$ 이다.

##### 청구항 4.

제 2항에 있어서, 상기  $p(t)$ 를 근사하는 다각형의 선분 길이 순서에 비례하는 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )은 다음 수학식에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법.

$$t = t_i = \frac{\sum_{j=1}^i |P_j P_{j+1}|}{\sum_{j=1}^N |P_j P_{j+1}|} = \frac{\sum_{j=1}^i L_j}{\sum_{j=1}^N L_j} = \frac{Mi}{M}$$

여기서,  $L_j$ 는  $j$ 번째 꼭지점  $P_j$ 와 그와 인접한  $(j+1)$ 번째 꼭지점  $P_{j+1}$ 로 정의되는 선분 길이이며  $M_i$ 는 1째부터  $i$ 번째 선분의 길이이며  $M$ 은 다각형 경계선 전체의 길이이며  $i$ 는 1~ $N$ 이다.

##### 청구항 5.

제 1항에 있어서, 상기 가변 반경의 오프셋 곡선의 스윙 근사값( $\overline{S}$ )은 다음 수학식에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법.

$$\overline{S} = \bigcup_{\Delta t} p(t)r(t)O \equiv \bigcup_{\Delta t} O(t)$$

여기서,  $p(t)$ 는 물체( $O$ )의 경계선이며  $r(t)$ 는 물체의 오프셋 원의 반경( $r$ )이 시간 인수  $t$ 에 따라 변화된 오프셋 곡선의 가변 반경이다.

##### 청구항 6.

컴퓨터에,

오프셋 스윙 연산에 요구되는 물체의 경계선  $p(t)$ 를 계산하는 단계;

상기 물체의 오프셋 원의 반경( $r$ )이 시간 인수  $t$ 에 따라 변화된 가변 반경 오프셋 곡선에 대한  $r(t)$ 를 계산하는 단계;

상기 구해진 경계선  $p(t)$ 와 반경  $r(t)$ 에서 상기 오프셋 곡선 반경의 변화를 제어하는 시간 인수  $t$ 에 대한 적어도 하나 이상의 표본 값( $t_i$ )을 계산하는 단계; 및

상기 구해진 경계선  $p(t)$ 와 반경  $r(t)$ 과, 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )을 이용하여 상기 물체의 오프셋 반경 변화를 연속적으로 보간하는 가변 반경의 오프셋 곡선의 스윙 근사값( $\overline{S}$ )을 계산하는 단계를 포함하여 이루어진 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

##### 청구항 7.

제 6항에 있어서, 상기 시간 인수  $t$ 에 대한 적어도 하나 이상의 표본 값을 계산하는 단계는,

상기 경계선  $p(t)$ 를 근사하는 다각형의 꼭지점 순서에 비례하는 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ ) 또는 상기  $p(t)$ 를 근사하는 다각형의 선분 길이 순서에 비례하는 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )을 계산할 것인지를 선택하는 단계와,

상기 선택된 방법에 따라 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )을 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법.

청구항 8.

제 7항에 있어서, 상기  $p(t)$ 를 근사하는 다각형의 꼭지점 순서에 비례하는 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )은 다음 수학식에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법.

$$t = t_i = \frac{i-1}{N-1}$$

여기서,  $i$ 는  $1 \sim N$ 이다.

청구항 9.

제 7항에 있어서, 상기  $p(t)$ 를 근사하는 다각형의 선분 길이 순서에 비례하는 시간 인수  $t$ 의 표본 값( $t_i$ )은 다음 수학식에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법.

$$t = t_i = \frac{\sum_{j=1}^i |P_j P_{j+1}|}{\sum_{j=1}^N |P_j P_{j+1}|} = \frac{\sum_{j=1}^i L_j}{\sum_{j=1}^N L_j} = \frac{M_i}{M}$$

여기서,  $L_j$ 는  $j$ 번째 꼭지점  $P_j$ 와 그와 인접한  $(j+1)$ 번째 꼭지점  $P_{j+1}$ 로 정의되는 선분 길이이며  $M_i$ 는 1째부터  $i$ 번째 선분의 길이이며  $M$ 은 다각형 경계선 전체의 길이이며  $i$ 는  $1 \sim N$ 이다.

청구항 10.

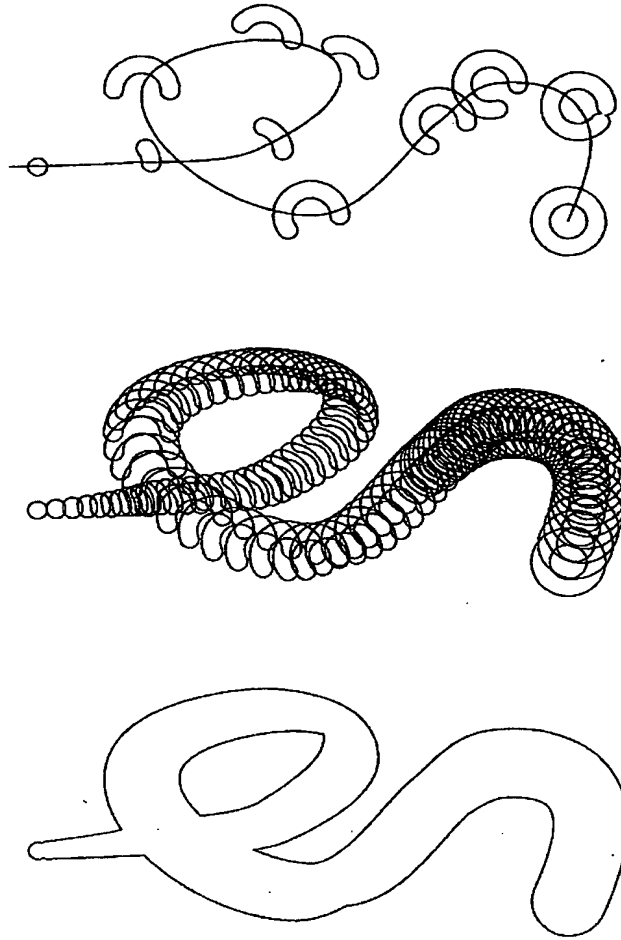
제 6항에 있어서, 상기 가변 반경의 오프셋 곡선의 스웍 근사값( $\overline{S}$ )은 다음 수학식에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 가변 반경의 오프셋 곡선 계산 방법.

$$\overline{S} = \bigcup_{\Delta t} p(t)r(t)O \equiv \bigcup_{\Delta t} O(t)$$

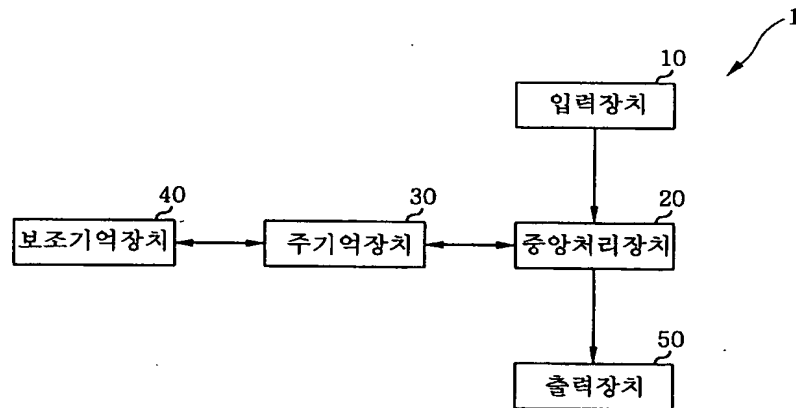
여기서,  $p(t)$ 는 물체( $O$ )의 경계선이며  $r(t)$ 는 물체의 오프셋 원의 반경( $r$ )이 시간 인수  $t$ 에 따라 변화된 오프셋 곡선의 가변 반경이다.

도면

도면 1

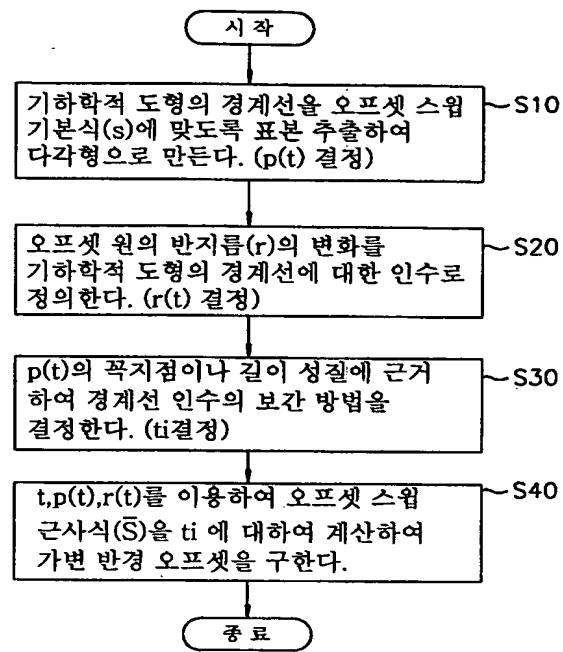


도면 2

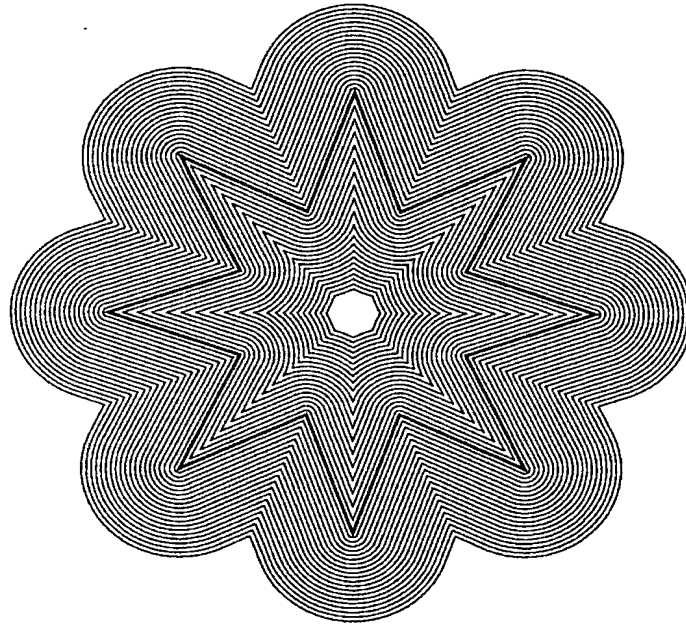




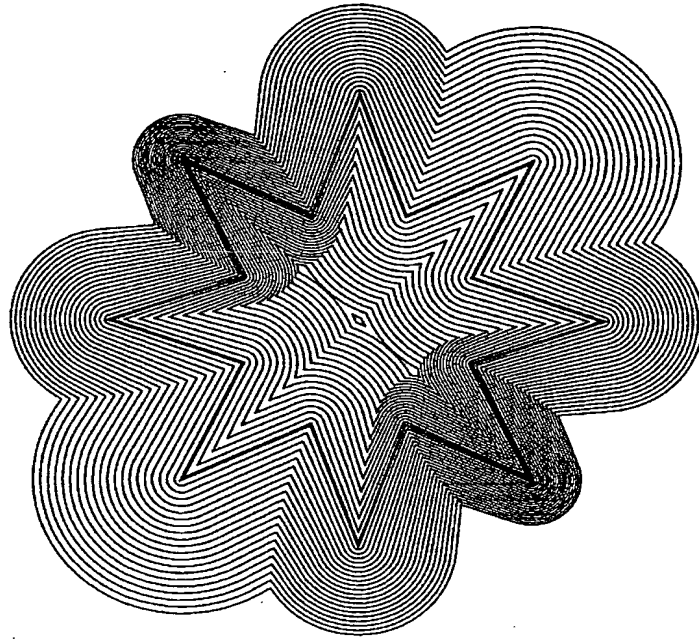
도면 3



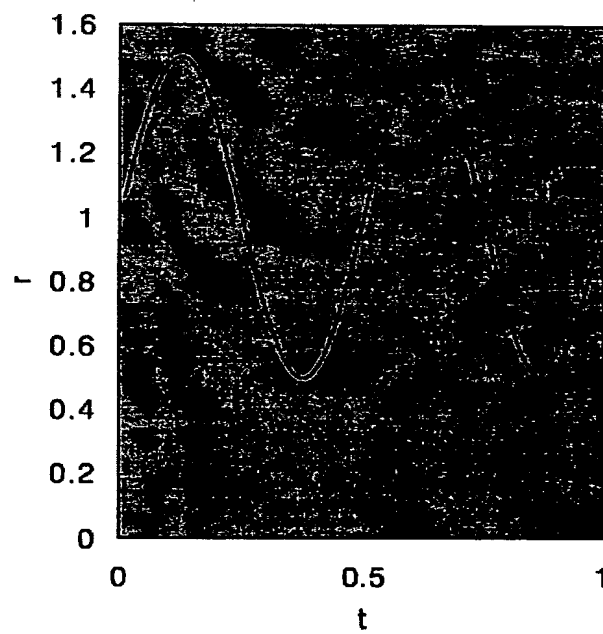
도면 4a



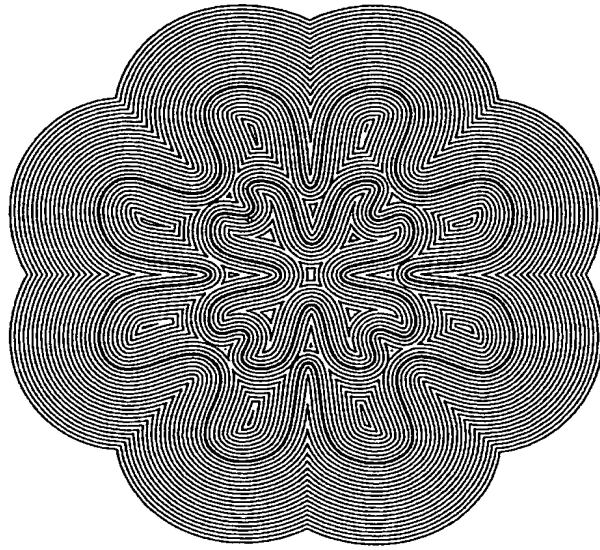
도면 4b



도면 5

 $r(t)$ 

도면 6a



도면 6b

